

Test virtuel d'un code de régulation DSP pour réseaux et systèmes d'entraînements électriques

André Hodder, Prof. Jean-Jacques Simond.

EPFL-STI-ISE-LME

ELG-Ecublens

1015 Lausanne

Phone : +41 21 693 46 90

Fax : +41 21 693 26 87

Email : andre.hodder@epfl.ch

Résumé

Cet article décrit une procédure pour tester un code destiné à un DSP prévu pour le contrôle-commande d'équipements industriels tels que les systèmes d'entraînements à vitesse variable ou les réseaux électriques. Cette procédure repose sur le logiciel SIMSENTM développé à l'EPFL lequel offre nouvellement la possibilité de traduire une stratégie de contrôle-commande non plus impérativement à l'aide d'un schéma-bloc de réglage, mais également au travers du code défini par l'utilisateur et destiné à être implémenté. Ce code doit simplement être compatible avec le DSP choisi pour l'application prévue (code C, assembler, pascal, fortran,...), il se substitue au schéma-bloc. Il est ainsi possible de procéder aux tests et à l'optimisation des performances de l'ensemble d'un équipement. Dès lors que cette étape est résolue, il suffit de procéder au « download » du code établi dans le DSP de l'équipement.

Cette procédure est non seulement une aide précieuse à une conception optimisée, elle permet des tests sans aucun risque ni limitations et induit des économies substantielles par le gain de temps qu'elle génère.

1. Introduction

Les industriels sont de plus en plus contraints de réduire au maximum le temps qui sépare la conception d'un équipement de sa mise en service. La procédure décrite dans cet article est une contribution à la réduction de ce « time-to-market ».

L'idée est d'offrir au concepteur une possibilité de simuler, donc d'optimiser, le comportement d'un équipement en confectionnant, pour la partie contrôle-commande, un code qui sera ultérieurement chargé dans le DSP qui pilotera cet équipement. La procédure repose sur le logiciel SIMSENTM [1] développé à l'EPFL et dont on rappellera qu'il permet la simulation du comportement de réseaux et de systèmes d'entraînements électriques présentant une topologie a priori quelconque. SIMSENTM offre dorénavant la possibilité de définir une stratégie de contrôle-commande traduite par un code programmé. Ce code, écrit par l'utilisateur dans le langage de son choix, se substitue au schéma-bloc qui était jusqu'à ce jour le mode de définition standard d'un contrôle-commande dans SIMSENTM. La nouvelle procédure présente deux avantages essentiels: optimisation et tests possibles avec une grande flexibilité sans les risques et les limitations toujours présents lors de la mise en service des équipements – diminution des coûts grâce à un important gain de temps.

2. Mise en œuvre et description de la stratégie

La conception d'un contrôle-commande destiné à un équipement implique pour ce dernier l'établissement d'un modèle à l'aide d'équations différentielles analogiques. Ce modèle est ensuite associé à celui du contrôle-commande envisagé, le tout constituant le système d'équations différentielles représentatif de l'ensemble de l'équipement. Ce système d'équations est alors résolu numériquement avec un pas d'intégration suffisamment petit de telle sorte que le caractère analogique de l'équipement soit préservé. Par ailleurs, le caractère fréquemment digital ou mixte analogique-digital des dispositifs de contrôle-commande modernes doit être pris en compte. Si l'on se sert d'un DSP, il s'agit d'établir un code qui traduise précisément son fonctionnement réel au sens par exemple

de ses temps d'échantillonnages. Le logiciel utilisé pour simuler le comportement de l'ensemble de l'équipement doit donc être capable de traiter des cas où se mêlent les mondes analogique et digital [2,3], c'est le cas de SIMSENTM.

La Fig. 1 illustre la stratégie proposée à l'aide d'un compensateur statique de puissance réactive (SVC). Cette stratégie est décomposée en 4 étapes :

La 1^{ère} étape est la modélisation sous SIMSENTM du compensateur statique et de ses organes de contrôle-commande par un schéma bloc (Fig. 1a).

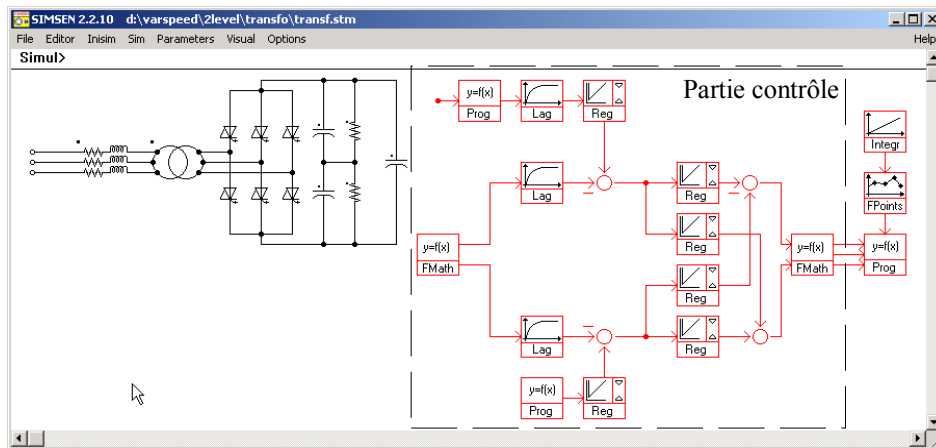


Fig. 1a: Modélisation du système sous SIMSENTM

Lors de l'étape suivante le schéma bloc de la Fig. 1a est converti en une séquence codée dans le langage choisi par l'utilisateur et compatible avec le DSP qu'il a prévu d'utiliser ultérieurement (Fig. 1b). Cette étape est réalisée pour l'instant à la main, elle est en phase d'automatisation.

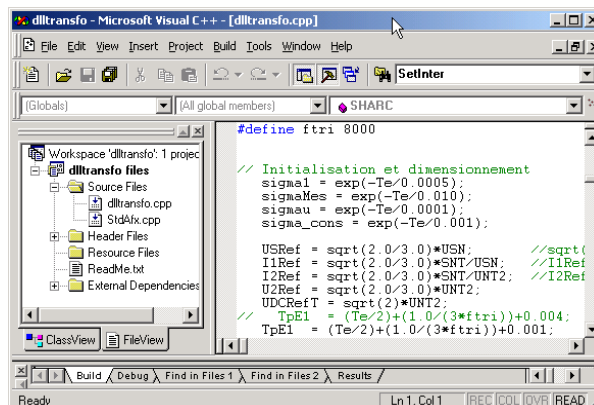


Fig. 1b: Conversion de la stratégie de contrôle-commande en un code DSP compatible

La 3^{ème} étape est la substitution dans SIMSENTM du schéma bloc défini sous 1a par la séquence codée sous 1b (Fig. 1c). Cette opération traduit de manière rigoureuse le fonctionnement réel du DSP en termes par exemple de temps d'échantillonnages ou de gain des régulateurs (conversion analogique-digitale). A ce stade, il est possible d'optimiser et de tester virtuellement, donc rapidement et sans risques, les performances de l'équipement dans des conditions devenues très proches de la réalité.

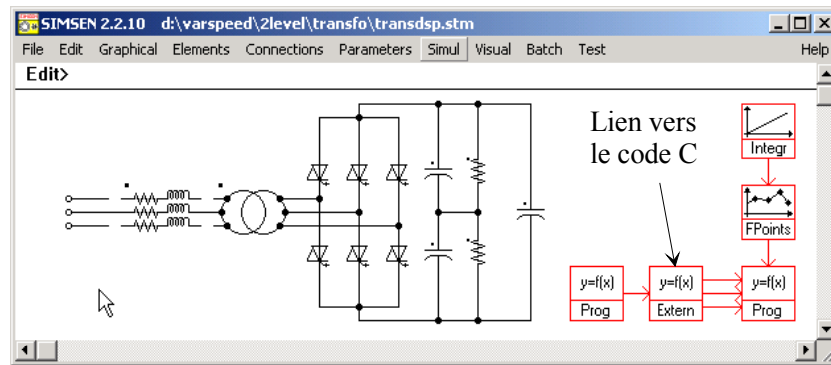


Fig. 1c: Intégration du code de contrôle-commande dans SIMSENTM

La 4^{ème} étape est l'opération de « download » du code testé lors de l'étape précédente dans le DSP de l'installation et la réassignation des entrées –sorties de celui-ci (Fig. 1d). Il est dès lors possible de passer aux tests finaux en vraie grandeur.

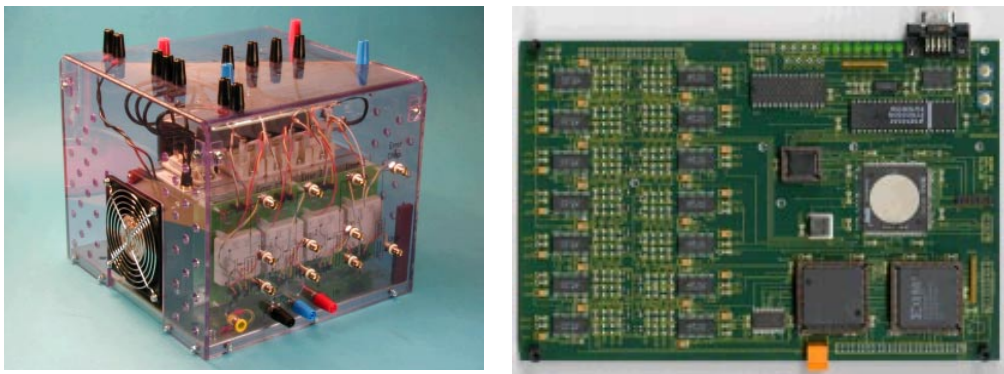


Fig. 1d : « Download » du code de contrôle-commande dans le DSP

3. Lien entre SIMSENTM et le code DSP

Comme l'indique la Fig. 1c, le lien entre SIMSENTM et le code DSP est assuré par un bloc de type « Extern ». Ce bloc est comparable aux autres blocs digitaux de SIMSENTM, il contient une « DLL ou Dynamic Link Library) qui est un programme destiné à être appelé par un autre programme, cette DLL dispose au surplus de 100 entrées et de 100 sorties. Les entrées et les sorties étant effacées de la mémoire à chaque appel à la DLL, cette dernière n'est pas en mesure de garder ses états antérieurs internes, tels que les composantes intégrales des régulateurs ou les sorties de filtres, car les équations différentielles définissant le système de réglage ne sont plus internes à SIMSENTM mais externes (DLL). Cette difficulté peut être levée en affectant les valeurs devant être conservées aux sorties et en les rebouclant sur les entrées lors du prochain pas d'intégration comme indiqué schématiquement à la Fig. 2.

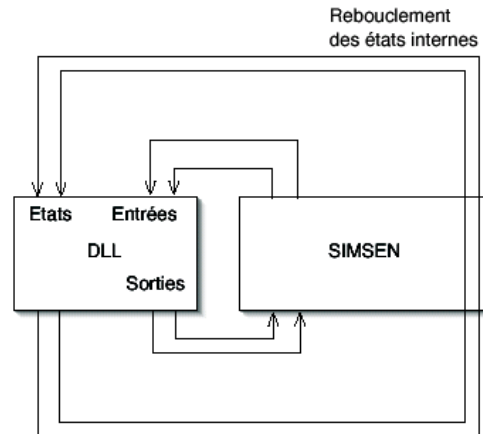
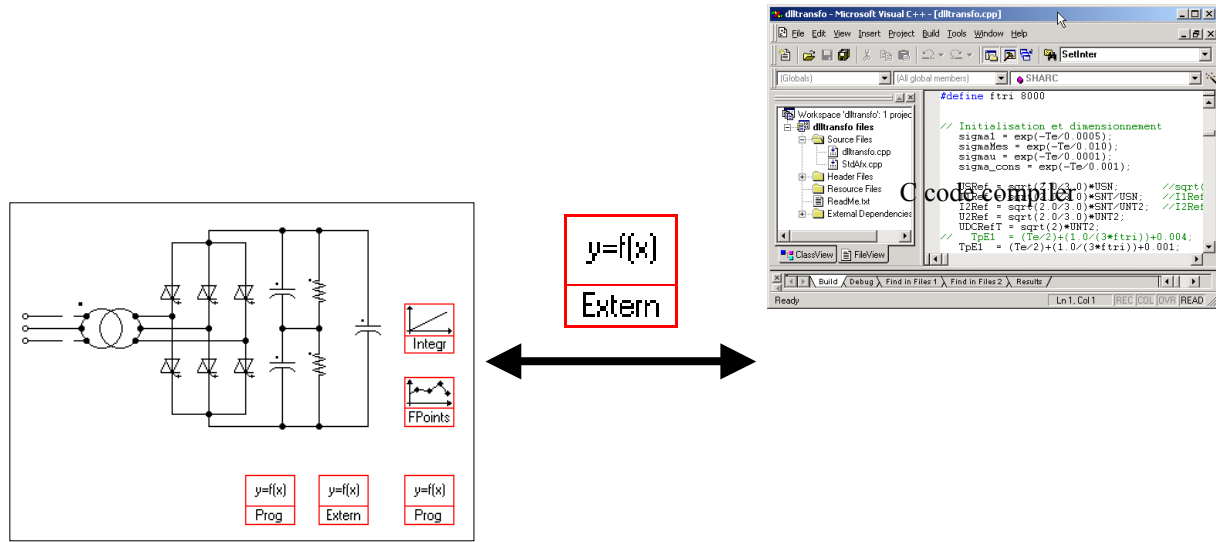


Figure 2 : Lien entre SIMSENTM et le code DSP via une DLL.

4. Exemple d'application

La Fig. 3 compare les résultats obtenus dans le cas du compensateur statique de puissance réactive décrit à la Fig.1 par les deux approches SIMSENTM (Fig.1a et 1c). L'équipement est composé d'un convertisseur VSI 2 niveaux SEMIKRONTM et d'une carte DSP de type DAVIDTM. Le régime transitoire simulé est un saut de consigne de la puissance réactive absorbée par le SVC côté HT du transformateur (0,2 → 0,9 p.u.). La trace bleue est le résultat de la simulation qui utilise le schéma bloc de réglage, la trace rouge est obtenue en usant du bloc « Extern » et de sa DLL qui contient la séquence codée en C de la stratégie de contrôle-commande.

Les traces bleue et rouge sont pratiquement superposées, l'infime écart qui subsiste est lié au fait que le réglage est analogique dans un cas et digital dans l'autre. Même si les conversions au sens des gains et des constantes de temps sont bien connues [4], de très petites différences subsistent au niveau des gains.

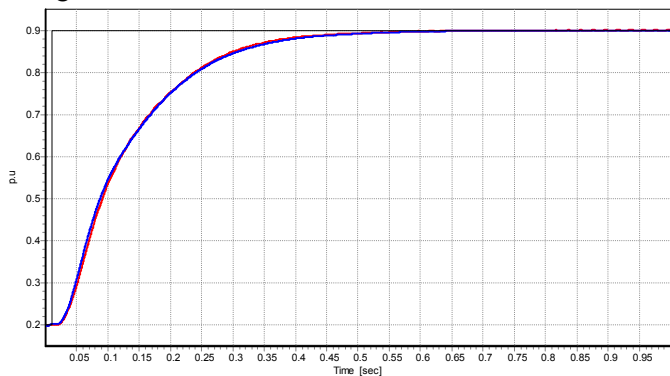


Figure 3 : comparaison entre SIMSENTM - code C

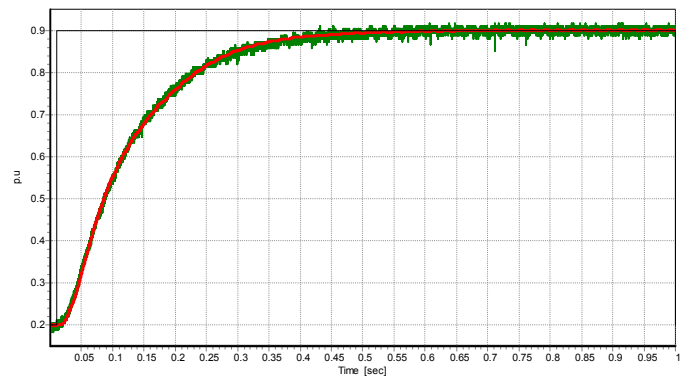


Figure 4 : comparaison entre code C - mesure

La Fig. 4 est une comparaison entre la simulation utilisant le bloc « Extern » (courbe rouge de la Fig. 3) et la mesure (Fig.1c et 1d) réalisée après avoir transféré le code C de la DLL dans le DSP du banc d'essais.

L'excellente concordance relevée à la Fig. 4 quitte la précision de la procédure proposée, elle confirme par ailleurs que le logiciel SIMSENTM est capable de simuler correctement des topologies contrôlées par des stratégies mixtes analogiques - digitales.

5. Conclusion

Une procédure permettant d'optimiser et de tester par voie numérique les performances d'un équipement industriel en prenant en compte rigoureusement le code du DSP chargé du contrôle-commande a été élaborée et quittée par un test expérimental. Les résultats obtenus sont très probants. Cette procédure enrichit significativement le logiciel SIMSENTM, elle génère un gain de temps appréciable dans les phases de conception et de mise en service d'équipements destinés à des systèmes d'entraînements à vitesse variable ou à des réseaux électriques.

Références

- [1] Site Internet SIMSENTM: <http://simsen.epfl.ch>
- [2] A. Sapin, J.-J. Simond : Mixed signal simulation of power drives ; PCIM 2002, Nürnberg.
- [3] A. Sapin, J.-J. Simond, P. Allenbach, B. Kawkabani, A. Guggisberger: Mixed signal simulation in the field of adjustable speed drives; EPE 1999, Trondheim.
- [4] H. Bühler: Conception de systèmes automatiques ; PPUR, Lausanne.